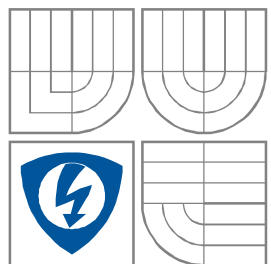


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNologiÍ**
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

**FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND
COMMUNICATION**
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

MĚŘENÍ BIOLOGICKÝCH SIGNÁLŮ POMOCÍ SYSTÉMU BIOPAC

MEASUREMENT OF BIOLOGICAL SIGNALS WITH BIOPAC SYSTEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

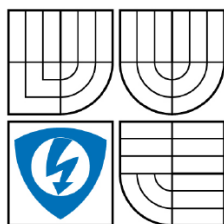
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Vladislav Brudík

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Martin Valla

BRNO, 2009



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Vladislav Brudík
Ročník: 3

ID: 83900
Akademický rok: 2008/2009

NÁZEV TÉMATU:

Měření biologických signálů pomocí systému Biopac

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s problematikou měření biologických signálů pomocí počítačového systému Biopac. Navrhněte měřicí protokol pro snímání elektroencefalografických signálů. Proved'te základní měření a získaná data zpracujte v programovacím prostředí Matlab. Navrhněte program pro zpracování EEG signálu s možností vykreslení klinicky významných frekvenčních pásem. Výsledky interpretujte a prezentujte graficky.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] Biopac [online]. MP System BIOPAC Hardware Guide, User's Manual, BIOPAC System, Inc., 2004.

[2] TROJAN, S. a kol. Lékařská fyziologie. Praha: Grada Publishing, 2003.

Termín zadání: 9.2.2009

Termín odevzdání: 5.6.2009

Vedoucí práce: Ing. Martin Valla

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Vladislav Brudík
Bytem: Axmanova 11, Brno, 623 00
Narozen/a (datum a místo): 12. září 1984 v Brně

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
se sídlem Údolní 53, Brno, 602 00
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida, předseda rady oboru Elektronika a sdělovací technika
(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- ☐ disertační práce
 - ☐ diplomová práce
 - ☒ bakalářská práce
 - ☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako
- (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Měření biologických signálů pomocí systému biopac

Vedoucí/ školitel VŠKP: Ing. Martin Valla

Ústav: Ústav biomedicínského inženýrství

Datum obhajoby VŠKP: _____

VŠKP odevzdal autor nabyvateli*:

- ☒ v tištěné formě – počet exemplářů: 2
- ☒ v elektronické formě – počet exemplářů: 2

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.

3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.

4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

* hodící se zaškrtněte

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☒ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: 5. června 2009

.....
Nabyvatel

.....
Autor

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou snímání elektrické aktivity z mozku, která se provádí pomocí elektroencefalografu, a zpracováním naměřených dat. Teoretická část je zaměřena na mozek, jeho stavbu a funkce. Také se zabývá biologickými signály, typy křivek a systémy, které slouží k měření EEG křivky. Pro zpracování je navržena programová aplikace s GUI rozhraním. Tato aplikace zobrazuje EEG a frekvenčně významná pásma, frekvenční spektrum a filtrované úseky charakteristických vln.

Klíčová slova

Elektroencefalograf, Mozek, Biopac, Rychlá Fourierova Transformace (FFT)

Abstract

This bachelor's thesis deals with questions of sensing electrical brain activity by electroencephalograph, and the data processing. Theoretical part is focused on brain, it's anatomy and functions. It also deals with biological signals, types of curves and systems used for measuring EEG curves. For purpose of signal processing it's been designed application software with GUI interface. This application software displays EEG curves, significant frequency ranges, frequency spectrum and filtered areas of characteristic waves.

Keywords

Electroencephalograph, Brain, Biopac, Fast Fourier Transformation (FFT)

BRUDÍK, V. *Měření biologických signálů pomocí systému Biopac*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 45 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Valla.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Měření biologických signálů pomocí systému biopac jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 5. června 2009

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Vallovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne 5. června 2009

.....
podpis autora

Obsah

Seznam obrázků:	9
1. Úvod	10
2. Mozek	11
3. Biologické signály	15
3.1. Typy křivek	15
3.2. Epilepsie a její signály	17
4. Elektroencefalografie	19
4.1. Elektroencefalograf	19
4.2. Systém Biopac	20
4.3. Systém firmy Alien	22
4.4. Software pro záznam EEG	23
4.5. EEG stanice	24
4.6. Snímací jednotka 32 kanálů	25
5. Metody zpracování	28
5.1. Filtry s konečnou impulsní charakteristikou	28
5.2. Filtry s nekonečnou impulsní charakteristikou	29
5.3. Fourierova transformace	30
5.4. Časově – frekvenční reprezentace biosignálu	30
5.5. Pásmová propust	31
6. Měření	32
6.1. Protokol měření v systému Biopac	32
6.2. Postup měření na přístroji firmy Alien	34
7. Naměřená data	35
7.1. Měřeno systémem Biopac	35
7.2. Zobrazení EEG signálu pomocí grafického uživatelského prostředí	40
7.3. Měřeno na přístroji firmy Alien	43
8. Závěr	44
9. Literatura	45

Seznam obrázků:

Obrázek 1:	Neuron [14]	11
Obrázek 2:	Synapse [15]	11
Obrázek 3:	Stavba mozku [1]	13
Obrázek 4:	Alfa vlna [6]	15
Obrázek 5:	Beta vlna [6]	16
Obrázek 6:	Theta vlna [6]	16
Obrázek 7:	Delta vlna [6]	16
Obrázek 8:	Gama vlna [6]	17
Obrázek 9:	Artefakty biologické povahy [8]	17
Obrázek 10:	Artefakty technické povahy [8]	17
Obrázek 11:	Normální EEG a EEG s epilepsií [5]	18
Obrázek 12:	Elektroencefalograf [2]	19
Obrázek 13:	Bipolární připojení k týlovému laloku s grafem [12]	21
Obrázek 14:	Rozmístění elektrod [10]	23
Obrázek 15:	Software pro záznam EEG [9]	24
Obrázek 16:	EEG stanice [9]	25
Obrázek 17:	32 kanálová snímací jednotka [9]	26
Obrázek 18:	Elektrodová čepice [5]	26
Obrázek 19:	Zapojení elektrodového vodiče [7]	32
Obrázek 20:	Zapojení elektrod [7]	33
Obrázek 21:	Kalibrace [7]	33
Obrázek 22:	Průběh EEG signálu při mrkání na Biopacu u ženy	35
Obrázek 23:	Spektrum naměřeného signálu po odfiltrování 50 Hz u ženy	36
Obrázek 24:	Úseky charakteristických vln u ženy	37
Obrázek 25:	Otevírání a zavírání očí po 10 s u muže	38
Obrázek 26:	Spektrum naměřené signálu po odfiltrování 50 Hz u muže	38
Obrázek 27:	Úseky charakteristických vln u muže	39
Obrázek 28:	Navržené grafické uživatelské prostředí GUI	40
Obrázek 29:	Rolovací menu a tlačítko načti data	40
Obrázek 30:	Vykreslení celkového EEG a klinicky významných pásem	41
Obrázek 31:	Spektrum naměřeného signálu po odfiltrování 50 Hz a filtrované úseky charakteristických vln	42
Obrázek 32:	Procentuální zastoupení vln při četbě a) muže b) ženy	43
Obrázek 33:	Zobrazení svodů z přístroje firmy Alien	43

1. Úvod

Elektroencefalografie je metoda stará více než sedmdesát let. Za tuto dobu vývoje docházelo k ovlivňování základního výzkumu, zobrazovacích a vyšetřovacích metod. Postupem času docházelo k technickému zlepšení vedoucího od galvanometru a optického či fotografického znázornění přes zavedení tranzistoru s registrací záznamu na papír až po využití možností počítačů. Tento vývoj nadále pokračuje a běžné zavádění invazivních metod a spojení elektroencefalografu (EEG) s videem není posledním slovem a bude nadále pokračovat [4].

První detekce elektrických signálů z povrchu hlavy byly prováděny v oblasti psychiatrie, ale rychle se ukázalo, že hlavním využitím je v oblasti neurologie. Hlavní význam má EEG v diagnostice poruch spánku, ve sledování vývoje stavu pacienta, zánětlivých a degenerativních onemocněních centrální nervové soustavy (CNS), diagnostice smrti mozku a bolestmi hlavy. V současné době se ale hlavně využívá při vyšetření pacientů s epilepsiemi [4].

Tato práce je rozdělena do několika kapitol. První kapitola je zaměřena na mozek, jeho stavbu a funkce. V dalších kapitolách se zabývá biologickými signály, typy křivek a epilepsií. Dále se zde zabývá systémy, které slouží k měření EEG křivky, metodami pro zpracování a postupem měření. V závěru jsou uvedeny výsledky, které byly naměřeny.

2. Mozek

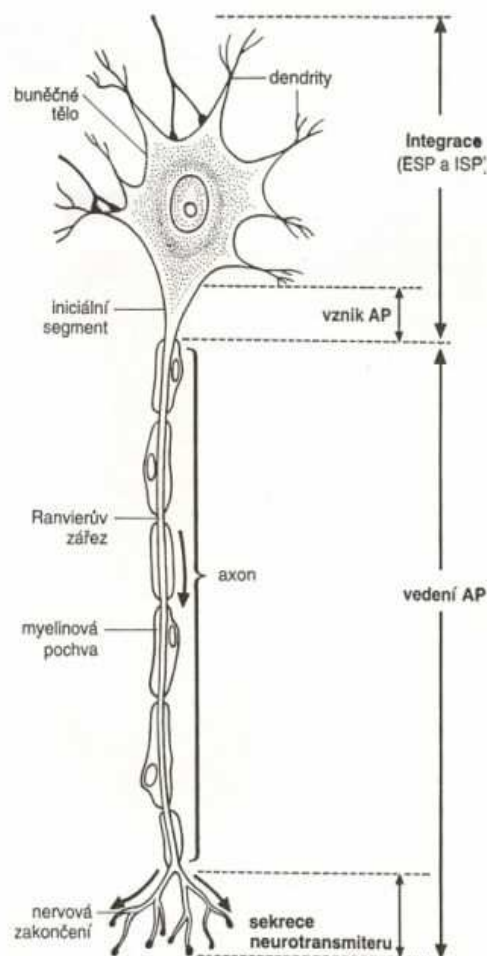
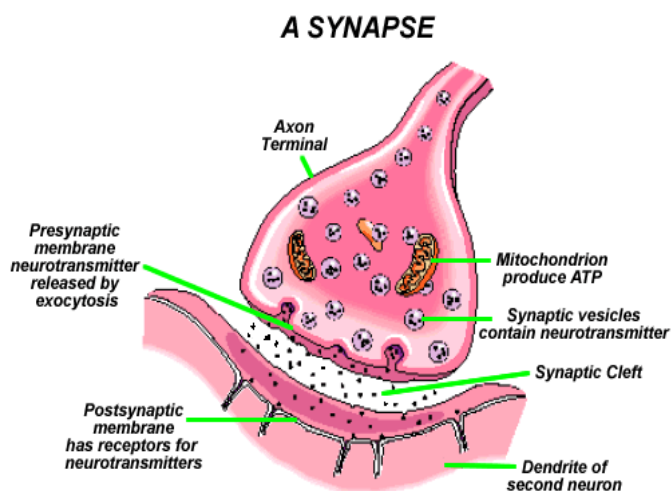
Mozek, cizím slovem encephalon či cerebrum tvoří společně s míchou centrální nervovou soustavu. Je vrchním řídicím centrem organismu.

Uložení a ochrana

Mozek je základní součást centrální nervové soustavy. Je uložen v ochranném kostěném obalu – lebce (cranium). Další ochrannou mozkou jsou pleny mozkové (meningy). Tvrdá plena mozková (dura mater) je vazivová blána, která těsně přiléhá k okolním kostem. Pavučnice (arachnoidea) se přikládá zevnitř k tvrdé pleni, omozečnice (pia mater) kryje povrch mozku a je bohatě prostoupena cévami. Prostor mezi mozkovými plenami je vyplněn mozkomíšním mokem, který se dále nachází v míšním kanálu a mozkových komorách. Mozkomíšní mok je bezbarvá čirá tekutina, která vzniká filtrací krevní plazmy, složením se jí podobá, ale obsahuje méně bílkovin a neobsahuje krevní plazmu. Ochranné obaly mozku a mozkomíšní mok brání otřesům a mechanickému poškození mozku [16].

Neuron

Neuron je základní stavební a funkční jednotka nervové soustavy. Skládá se z těla a výběžků. Krátké výběžky = dendrity vedou vzruch k tělu dostředivě, dlouhý výběžek = axon vede vzruch odstředivě. Axon se na svém konci větví a pomocí synaptických knoflíků se připojuje na další neuron. Povrch axonu je kryt myelinovou pochvou, která brání přenosu vzruchu mezi sousedními axony a zároveň urychluje přenos vzruchu. Vzruch se šíří saltatoricky (přeskoky) přes Ranvierovi zářezy v myelinové pochvě [16].



Obrázek 1: Neuron [14]

Obrázek 2: Synapse [15]

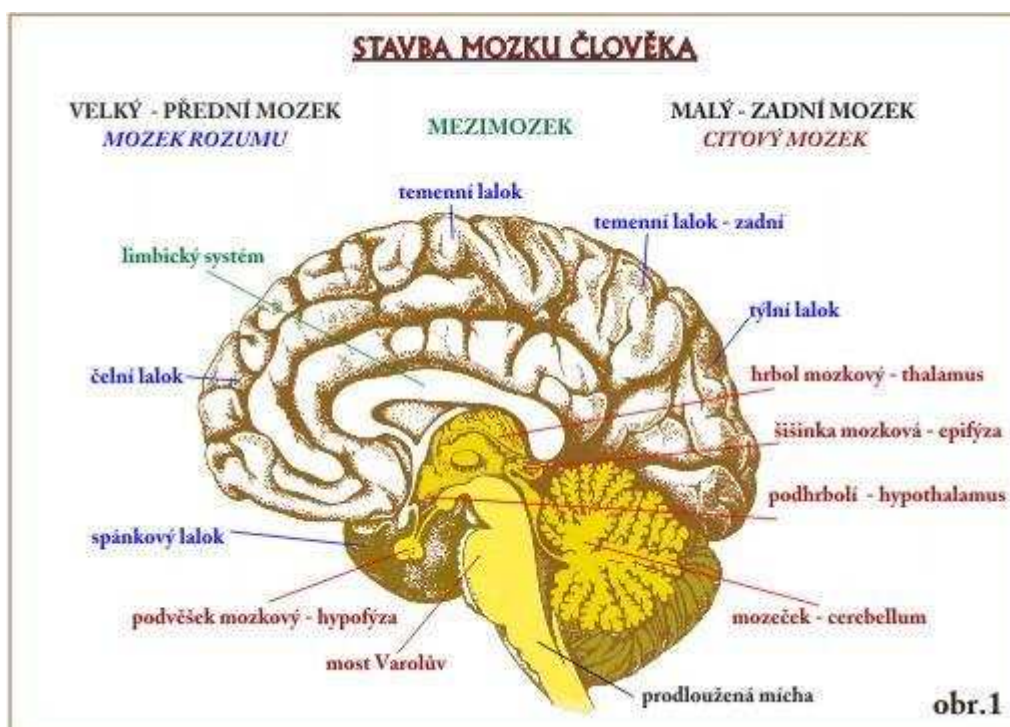
Popis Obrázku 2: *Axon Terminal – Synaptický knoflík, Mitochondrion produce ATP – Mitochondrie produkující ATP, Synaptic vesicles contain neurotransmitter – Synaptické váčky obsahující mediátor, Synaptic Cleft – Synaptická štěrbina, Dendrite of second neuron – Dendrity druhého neuronu, Postsynaptic membrane has receptors for neurotransmitters – Postsynaptická membrána má receptory pro mediátor, Presynaptic membrane neurotransmitter released by exocytosis – Presynaptická membrána uvolňuje mediátor exocytózou*

Synapse a vzruch

Synapse je spojení dvou neuronů nebo neuronu a výkonné buňky. V klidu jsou po obou stranách membrány ionty rozloženy nerovnoměrně, buňka má tak klidový membránový potenciál 70 mV. Jednotlivé informace, které jsou nervovou soustavou přenášeny jsou zakódovány v počtu a frekvenci vzruchů. Vzruch je vlastně projevem nervové činnosti. Pokud vzruch dospěje do oblasti synaptického knoflíku, vylíje se mediátor do synaptické štěrby. Mediátor (přenašeč) se naváže na receptory v postsynaptické membráně a změní tím propustnost membrány pro Na^+ (sodíkové ionty). Na^+ začnou vnikat do buňky. Vznikne chvilková převaha kladných iontů v buňce, membrána se depolarizuje. Vznikne akční potenciál. Akční potenciál se šíří po celé nervové buňce až k synapsi a na další neuron. Po podráždění se změní propustnost pro K^+ (draselné ionty), K^+ unikají ven. Obnoví se klidový potenciál. Poté se pomocí sodíko – draslíkové pumpy za spotřeby velkého množství energie obnoví původní rozložení iontů (sodíkové ionty - vně buňky, draselné ionty – uvnitř buňky) [16].

Stavba mozku

Centrální nervová soustava i mozek samotný je tvořen šedou a bílou hmotou. Bílá hmota obsahuje dlouhé výběžky neuronů (axony) a procházejí jí tak nervové dráhy. Šedá hmota je tvořena krátkými výběžky (dendrity). Činnost mozku je náročná na energii, jejím zdrojem je glukóza oxidovaná kyslíkem. Živiny a kyslík jsou k mozku přiváděny krkavicemi. Výdrž mozku bez živin je asi 3 minuty [16].



Obrázek 3: Stavba mozku [1]

Mozek se dělí na 3 části. Přední, střední a zadní. Přední mozek se skládá z koncového mozku a mezimozku. Jako zadní se označuje prodloužená mícha a mozeček. Mezi středním mozkem a prodlouženou míchou je most Varolův. Ten spojuje činnosti mezi mozečkem a kůrou mozkovou. Prodloužená mícha, most Varolův a střední mozek tvoří tzv. mozkový kmen. Celý mozek je pokryt šedou kůrou mozkovou (neokortex) [16].

Mezimozek je překryt hemisférami koncového mozku. Podílí se na vytvoření vlastního já. Je rozdělen na thalamus a hypothalamus. Thalamus je bránou vědomí, zpracovává a třídí informace vedoucí do kůry. Hypothalamus řídí činnost vnitřních orgánů [16].

Prodloužená mícha je pokračování hřbetní míchy, od 1. páru krčních nervů k mostu Varolovu. Shora je kryta mozečkem. Uvnitř se nachází dutina - IV. mozková komora. V prodloužené míše se nachází centra některých reflexů: kašlání, kýchání, zvracení, sekrece slin a žaludečních šťav, pocení, polykání, sací reflex. Retikulární formace, což je šedá hmota roztroušená v bílé hmotě je centrem základních životních funkcí: dýchání, srdeční činnost, regulace krevního tlaku, vliv na rytmus bdění a spánku-udržení mozkové kůry v aktivitě při bdění [16].

Mozeček je uložen nad prodlouženou míchou a mostem Varolovým, v zadních lebečních jamách, shora skrytý týlními laloky koncové mozku. Skládá se ze dvou polokoulí (hemisfér), povrch je gyrifikován (rozbrázděn). V mozečku se nachází centrum koordinace pohybů, udržování svalového napětí, plynulosti pohybů [16].

Most Varolův se nachází mezi prodlouženou míchou a středním mozkem, shora je krytý mozečkem, se kterým je spojen mozečkovými raménky. Prochází jím nervové dráhy, které zajišťují spojení mozečku s kůrou koncového mozku [16].

Střední mozek je nejmenší částí mozku, nachází se mezi mostem a mezimozkem, shora je kryt týlními laloky koncového mozku. Nalézají se zde centrum jednoduchých zrakových reflexů: otáčení hlavy za světlem, mrkání, koordinace pohybu očí, a centrum jednoduchých sluchových reflexů: schopnost vnímat zdroj zvuku [16].

Koncový mozek je největší a vývojově nejodvozenější část lidského mozku. Skládá se ze dvou hemisfér (polokoulí), které jsou spojeny pomocí vazníku. Uvnitř hemisfér se nachází I. a II. mozková komora. Šedá hmota na povrchu hemisfér je označována jako šedá kůra mozková. Povrch hemisfér je silně gyrifikován (rozbrázděn). Hlavní brázdy dělí mozek na 4 laloky: čelní (lobus frontalis), temenní (lobus parietalis), spánkový (lobus temporalis) a týlní (lobus occipitalis) [16].

Šedá kůra mozková se nachází na povrchu koncového mozku. Tvoří plášť 2 – 5mm , obsahuje přibližně 14 miliard neuronů (celý mozek pak cca 30 miliard). Zabezpečuje veškeré funkce organismu. Je centrem paměti, myšlení, utváří chování a zpracovává smyslové informace. Jednotlivá korová centra smyslů mají různá umístění v šedé kůře koncovém mozku. Zrakové centrum a vizuální centrum řeči je uloženo v týlním laloku (lobus occipitalis), sluchové centrum a akustické centrum řeči ve spánkovém laloku (lobus temporalis). V čelním laloku (lobus frontalis) se nachází motorické centrum. V temenním laloku je centrum kožní citlivosti [16].

3. Biologické signály

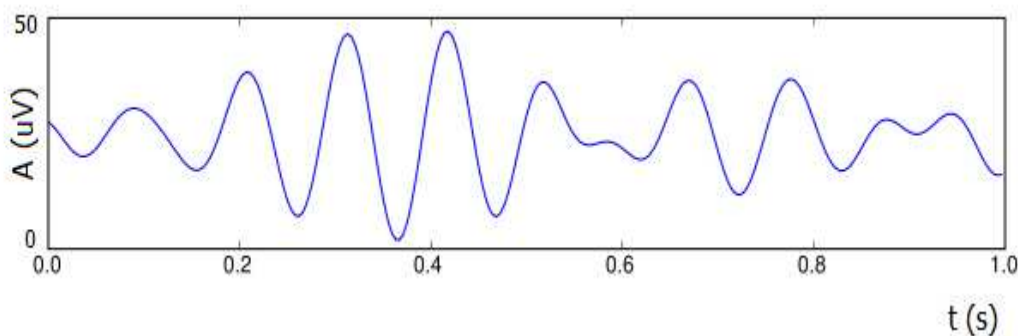
V roce 1929 rakouský fyzik Hans Berger objevil, že elektrody přiložené k pokožce hlavy mohou zaznamenat elektrickou aktivitu mozku. Nejprve ale bylo třeba prokázat, že snímáný signál je opravdu projevem aktivity mozku a ne třeba kůže či svalů. Poté mohly být započaty výzkumy mozkové aktivity a konkrétně „mozkových vln“. Dodnes je zkoumána souvislost mozkových vln s různými emocionálními stavy, mentální aktivitou, chorobami a psychickými profily. V lékařské praxi je záznam EEG hojně využívaná diagnostická metoda [7].

EEG zaznamenává čtyři samostatné periodické rytmy – alfa, beta, delta, theta, které se liší svou frekvencí a amplitudou. Frekvence je udávána v Hz nebo počet cyklů/sec, amplitudy jsou řádově v mikrovoltech (μV).

3.1. Typy křivek

ALFA vlny: $f = 8$ až 13 Hz, $A = 50\mu\text{V}$.

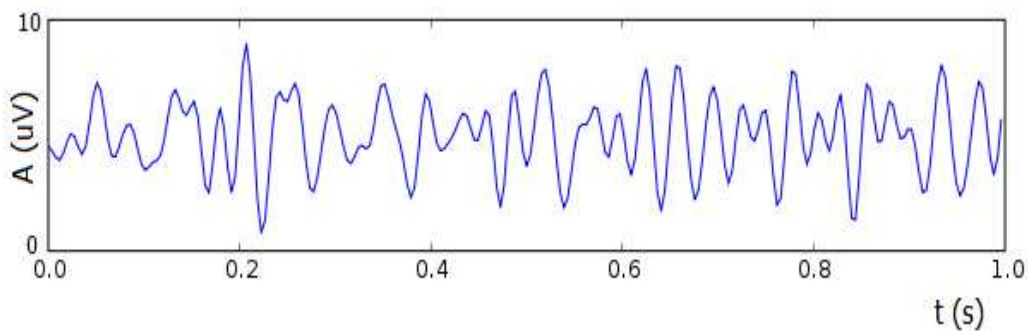
Vyskytují se u bdělého, ale relaxovaného člověka v klidu, při zavřených očích a během ospalosti. Každá oblast mozku má charakteristický průběh alfarytmu. To je způsobeno rozdílným záznamem větší amplitudy z týlové a temenní oblasti mozkové kůry [7].



Obrázek 4: Alfa vlna [6]

BETA vlny: $f = 15$ až 20 Hz, $A = 5$ až $10\mu\text{V}$.

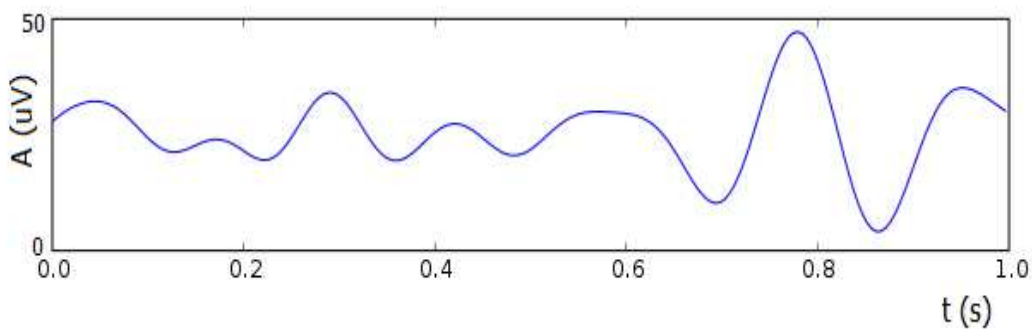
Představují rytmus zdravého člověka v bdělém stavu. Také se ale objevují u člověka v REM (Rapid Eye Movement) fázi hlubokého spánku. REM fáze je charakteristická rychlým kmitavým pohybem očí. Amplituda beta rytmů inklinuje k menším hodnotám než alfa. To je způsobeno tím, že pozitivní a negativní aktivity se vyrovnávají a součet je tak menší [7].



Obrázek 5: *Beta vlna* [6]

THETA vlny: $f = 4$ až 7 Hz, $A = 50\mu\text{V}$.

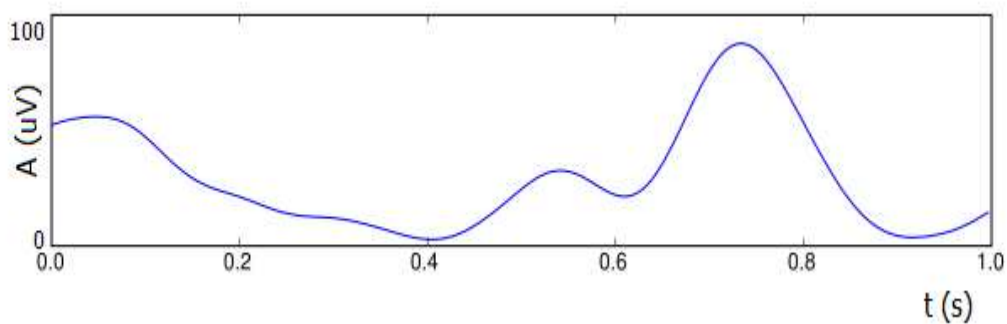
Normálně se tento rytmus objevuje v dětství. U dospělého člověka je patologický. Při typickém theta rytmu je vědomí většinou výrazně omezeno [7].



Obrázek 6: *Theta vlna* [6]

DELTA vlny: $f = 1$ až 4 Hz, $A = 100\mu\text{V}$.

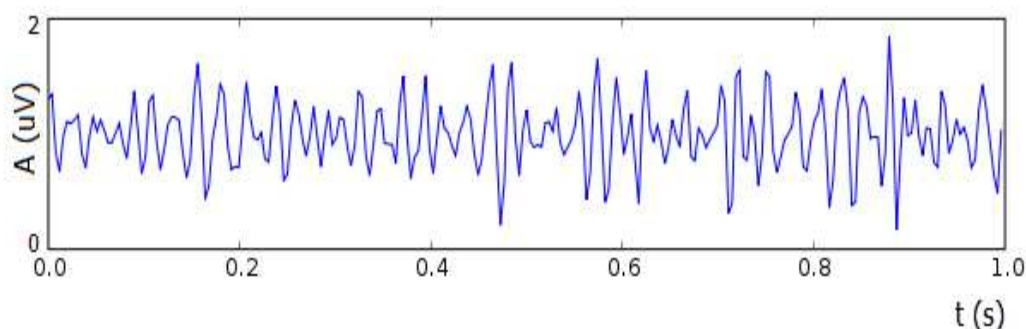
Tento rytmus se objevuje za normálních okolností jen v hlubokém spánku, kdy ke snění většinou nedochází. Hluboký spánek je charakterizován hlubokým bezvědomím a nemá paměť pro sny. V bdělém stavu je patologický [7].



Obrázek 7: *Delta vlna* [6]

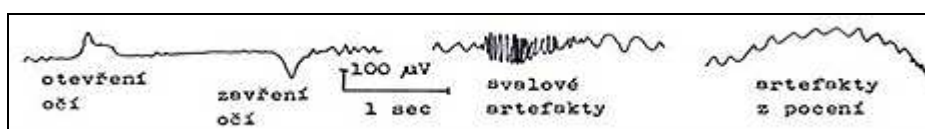
GAMA vlny: $f = 22$ až 30 Hz, $A = 2\mu\text{V}$.

Vysoká pozornost, senzorická stimulace.

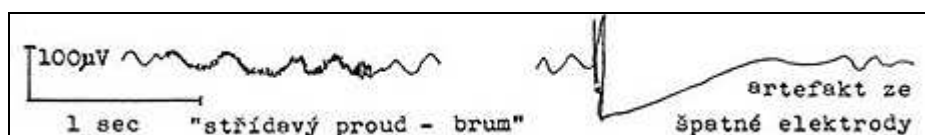


Obrázek 8: *Gama vlna [6]*

Při snímání vln vznikají různé nechtěné biologické nebo technické *artefakty*. Mezi biologické artefakty patří otevření a zavření očí, svalové artefakty a artefakty z pocení. Z technických je to například rušení ze špatné elektrody nebo střídavý proud (tzv. brum).



Obrázek 9: *Artefakty biologické povahy [8]*

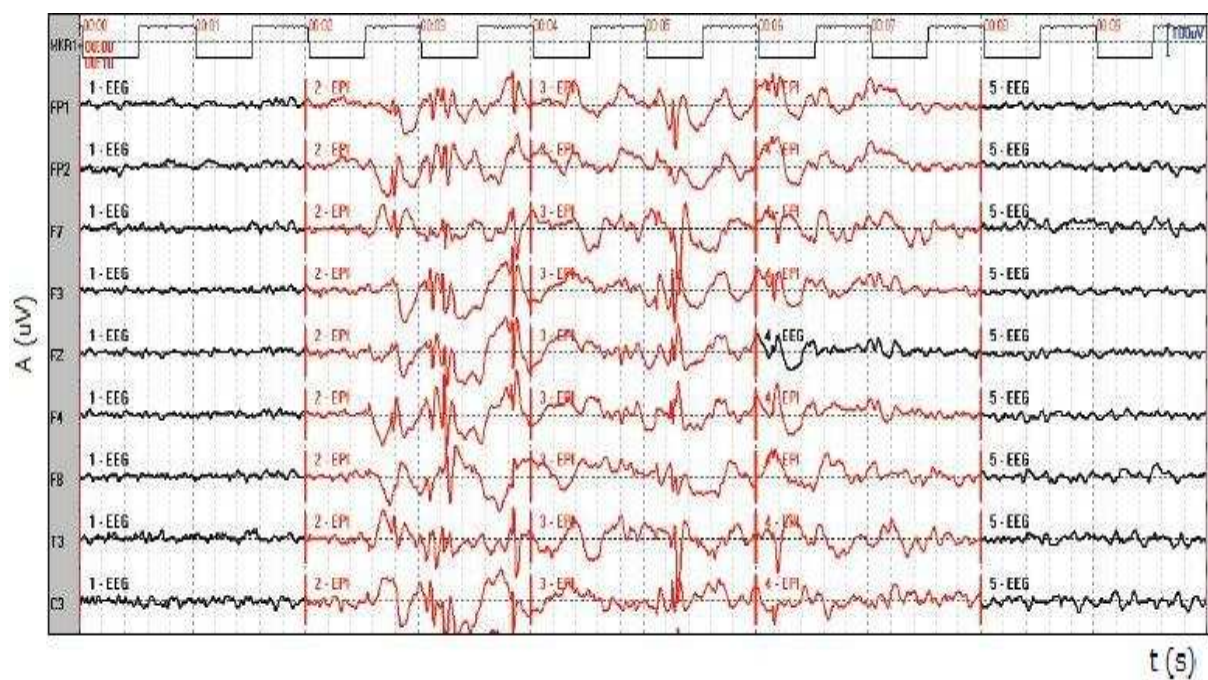


Obrázek 10: *Artefakty technické povahy [8]*

3.2. Epilepsie a její signály

Epilepsie jsou záchvatové poruchy nervové činnosti. Na vzniku epilepsií se podílí množství epileptogenních faktorů, kterou mění nervovou tkáň takovým způsobem, že se stává náchylnější k produkci záchvatů. Samy záchvaty nebo subklinické výboje mohou někdy ovlivňovat různé funkce mozku. Stejný průběh různých epilepsií neexistuje a při projevu této nemoci nelze téměř předpovědět další vývoj.

Tyto výboje zapříčiní ztrátu kontroly mozku nad tělem a mohou trvat od dvou sekund až po celé hodiny. Krátké záchvaty jen občas způsobí zdravotní problémy nebo trvalé důsledky. Co je příčinou vzniku epileptického záchvatu zůstává stále otázkou. Záchvaty lze vyvolat sníženou inhibicí či zvýšenou excitací. Tradičně se vznik záchvatů vysvětluje neuronální dysfunkcí [4].



Obrázek 11: Normální EEG a EEG s epilepsií [5]

Na obrázku 11 je znázorněné normální EEG černě a EEG s epilepsií červeně.

4. Elektroencefalografie

Zkráceně EEG, tato zkratka pochází z latinské složeniny elektroencephalograf: electricus (elektrický), encephalon (mozek), grafein (psát). EEG je vyšetřovací metoda pro pozorování a záznam elektrické aktivity mozku. Nejčastěji se používá při předpokládaných poruchách činnosti mozku (jako jsou např. mozková příhoda, otřes a úraz mozku, epilepsie, poruchy spánku) nebo pro výzkumné účely.

4.1. Elektroencefalograf

EEG se snímá pomocí elektroencefalografu. Ten tvoří snímací elektrody (umístěny na povrchu hlavy, popřípadě přímo na mozku), zesilovače, filtry, A/D převodník, procesor a zapisovací systém. Tento systém zapisuje křivku na papír nebo obrazovku. EEG snímá elektrické potenciály pomocí elektrodové čepice. Čepice je tvořena z Ag/AgCl elektrod připevněné na povrch hlavy. Pro lepší kontakt elektrod s pokožkou hlavy se používají vodivé gely. Elektrické potenciály, které vznikají při činnosti mozku, se po snímání zesílí a zpracují, popř. zaznamenají do grafu. Záznam je proveden buď na papír, nebo na obrazovku, popř. jiné elektronické médium [3].



Obrázek 12: *Elektroencefalograf [2]*

Pozice elektrod

Pozice elektrod dostaly název podle oblastí mozku nad kterou jsou na pokožce umístěny: přední, centrální, temenní, spánková, týlová. Měření z páru povrchových elektrod se nazývá bipolární. Tato metoda využívá rozdílného elektrického potenciálu mezi oběma pozicemi. Třetí, neboli referenční elektroda, je umístěna na ušním lalůčku a představuje uzemnění, neboli vztažný elektrický potenciál pro ostatní elektrické aktivity v těle [7].

4.2. Systém Biopac

Tento systém se používá pro různá měření, jako je např. elektroencefalograf (EEG), elektrokardiograf (EKG), elektromyograf (EMG), elektrogastrograf (EGG), elektrookulograf (EOG). První biopac byl zkonstruován v roce 1985. Více než 20 let je uznáván jako přední volba hardwaru a softwaru pro vědecké, výzkumné a vzdělávací účely. Nástroje, komponenty a doplňky, které biopac poskytuje nejsou určeny pro diagnózu, léčbu, nebo prevenci nemocí. Biopac má 3 vývojové linie: vědecká (MP Systems with AcqKnowledge), výuková (Biopac Student Lab & BSL PRO) a sekundární výuková (Biopac Science Lab) [7].

Biopac Student Lab (BSL) je systém umožňující studentům pracovat s biologickými signály a zabývat se naměřenými hodnotami bez potřeby komplexního nastavení přístrojů. Biopac Student Lab zahrnuje hardware (MP35/MP30), software, a dokumentaci, která obsahuje soubor lekcí ilustrující základní fyziologické principy. Hardwarová jednotka je složena ze čtyř kanálů, do kterých se zapojují snímače (např. elektrody, manžeta na měření krevního tlaku, mikrofón atd.) podle měřené úlohy. Biopac je propojen s počítačem, kde je nainstalován potřebný software [7].

Pro vědecké účely se používá rozšířená verze Biopacu s modulem EEG100C. Tato verze nebyla pro měření použita, je uvedena pouze pro komplexní přehled využívaných měřících prostředků systému Biopac.

Modul EEG100C

EEG100C je zesilovací modul. Tento modul je jednobánkový, s vysokým zesílením, diferenciálním vstupem a biopotenciální zesilovač navržený specificky pro sledování neuronových aktivit v mozku. EEG100C je navržen pro použití v následujících aplikacích:

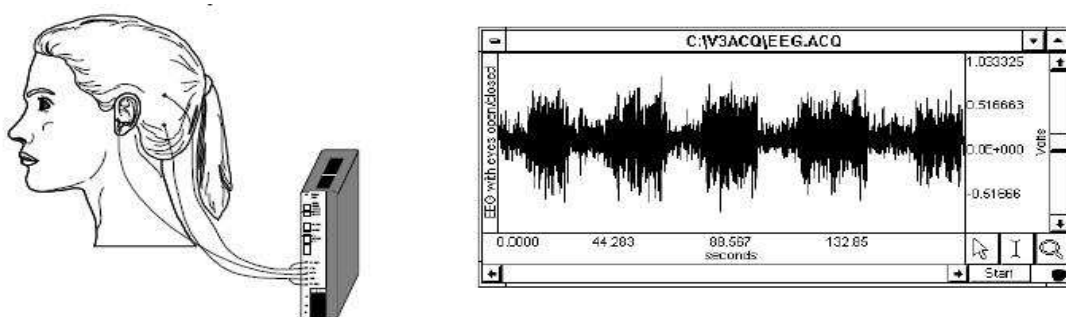
Běžné EEG (16 kanálů, unipolární nebo bipolární)
Epileptická vyšetření
Tumor patologické studie

Spánková studie
Evokované odpovědi
Poznávací studie

EEG100C je připojen přímo na některý z BIOPAC systémů a na Ag-AgCl elektrody. Typicky EI503 elektrody jsou doporučeny pro měření vyvolávající nějakou odezvu. Použití dvou stíněných elektrod (LEAD110S) pro signálové vstupy a jedné nestíněné elektrody (LEAD 110S) pro zem. Pokud je měřený povrch pokrytý vlasy nebo chlupy, použité elektrody nebudou fungovat moc dobře a měli byste použít elektrodový gel (GEL 100) a přilepit elektrody lehce nějakým páskem nebo použít vodivou adhesivní pastu. EEG100C má zabudovanou řídicí kapacitu pro použití se stíněnými elektrodami. Jestliže je požadována

velká šířka pásma u měření EEG, doporučují se právě stíněné elektrody. Když je zapnut interferenční filtr, stíněné elektrody nejsou nezbytné.

Tento modul je navržen pro průchod EEG signálovým rozsahem (Delta, Theta, Alfa, Beta a Gamma) s minimální deformací. EEG má zabudovaný detektor Alfa vln. Když je povolen, výstupní signál bude uhlazená vlna s vrcholy, která indikuje maxima Alfa aktivity. Alfa vlnový detektor se skládá z vysoce výběrového (selektivního), 6-pólového filtru následovaného vlnovým usměrňovačem následovaného 6-Hz, třípólovým dolnoproustným filtrem. [12]



Obrázek 13: Bipolární připojení k týlovému laloku s grafem [12]

Obrázek ukazuje bipolární připojení k týlovému laloku. Pro unipolární připojení je třeba přemístit VIN elektrodu na ušní lalok (kde je připojena zem). Graf ukazuje změny v týlovém EEG při zavřených a otevřených očích. [12]

Frekvenční charakteristika: Moduly jsou přednastavené na 50 nebo 60 Hz.

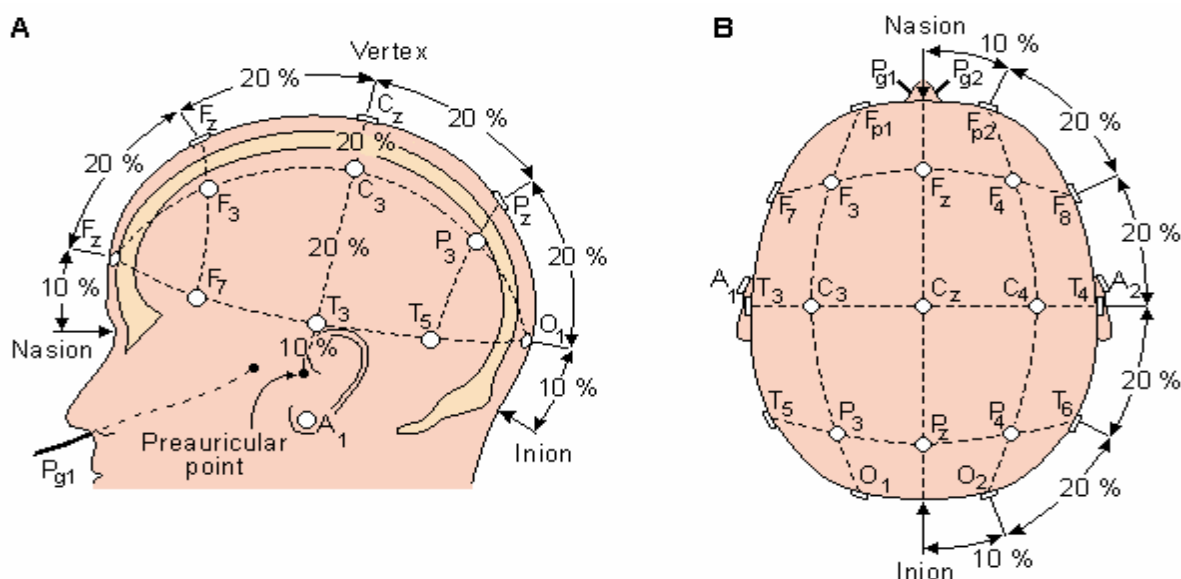
EEG100C kalibrace: EEG100C je seřízen od výrobce a nevyžaduje kalibraci. Pro nastavení přesnosti přístroje použijeme CBLCALC. Hardwarové nastavení je založeno na frekvenci, která je v různých zemích různá. Pro ověření line frekvence použitelnou v naší zemi, zkontrolujeme tlačítka na zadním panelu zesilovače (amplifier) [12].

Tabulka 1: EEG100C specifikace [12]

Zisk	5000, 10000, 20000, 50000 [dB]	
Výstupní výběr	Normální, indikátor α -vlny	
Rozsah výstupního výkonu	$\pm 10V$ (analogon)	
Frekvenční odezva		
Dolní propust	35Hz, 100Hz	
Horní propust	0.1Hz, 1.0 Hz	
Pásmová propust	50dB potlačení @ 50/60Hz	
Šumové napětí	0.1 μ V efektivní - (0.1 35Hz)	
Zdroj signálu	Elektrody	
Z (vstup)		
Diference	2M	
Souhlasný	1000M	
CMRR	110dB min (50/60Hz)	
CMIV		
Zem zesilovače	$\pm 10V$	
Síťová zem	± 1500 VDC	
Rozsah vstupního napětí	Zisk [dB]	Vin (mV)
	5000	± 2
	10000	± 1
	20000	± 0.5
	50000	± 0.2
Váha	350 gramů	
Rozměry	4cm (široký) x 11cm (hluboký) x 19cm (vysoko)	

4.3. Systém firmy Alien

Tento systém slouží k měření EEG. Pro měření se používá CAP100C. CAP100C je látková čepice se zabudovanými pocínovanými elektrodami připevněnými na látku. Elektrody jsou předem rozmístěné v množství 10 - 20. Elektrodová čepice má dvě zemnicími elektrody. Standardní elektrodová čepice je vhodná pro subjekty starší 5 let, k dispozici jsou ve 4 velikostech [9].

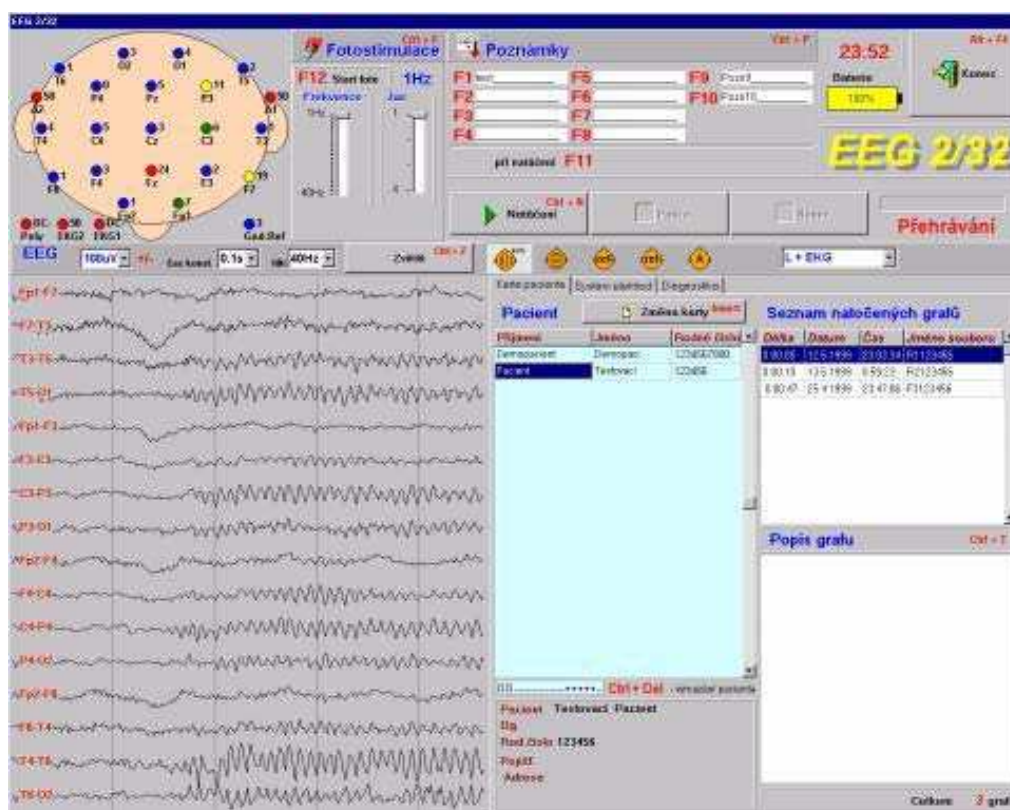


Obrázek 14: Rozmístění elektrod [10]

K levému kotníku se přichytne zemnicí elektroda, na kterou se nanese elektroodový gel nebo pasta pro zmenšení přechodového odporu elektroda - kůže. Tento gel se také nanese na elektrody elektroodové čepice pomocí injekční stříkačky. Přístroj má automatickou kontrolu kontaktu elektrod s pokožkou, (která je zobrazena na Obrázku 15: Software pro záznam EEG). Tato kontrola je zajištěna pomocí měření přechodového odporu. Pokud nemají elektrody dostatečný kontakt, jsou vyznačené červeně a je nutné použít více vodivého gelu. Pokud je na elektrodách indikována modrá nebo žlutá barva, je kontakt dostačující. Při indikaci zelené barvy je kontakt výborný. Tudiž se jedná o to, aby byl co nejmenší přechodový odpor všech elektrod.

4.4. Software pro záznam EEG

Pracuje ve Windows 2000 nebo Windows XP. Data jsou snímána a vzorkována zvolenou vzorkovací frekvencí (512 Hz nebo 1024 Hz) a ukládají se v surové formě. Záznam probíhá i bez nahrávání a dá se kdykoli zahájit nebo přerušit. Také se při měření zobrazuje velikost přechodové impedance elektrod. V programu se dají vkládat a definovat záložky nebo se dají vložit předem neznámé poznámky. Může se také spustit fotostimulační automat. Nalezne se zde i databáze pacientů s parametrickým vyhledáváním a evidenci zálohovaných a popsaných grafů. Nalézá se zde i indikace stavu baterií. A je zde také zabudována integrovaná obsluha fotostimulační lampy, stimulačního monitoru nebo natáčení videosignálu a připojitelný modul pro flash/PR-VEP nebo zvukový/vizuální P300 [9].



Obrázek 15: Software pro záznam EEG [9]

4.5. EEG stanice

EEG stanice je soustava obsahující elektroencefalograf, fotostimulační lampu, doplňkový monitor pro vizuální stimulaci, základní sadu spotřebního materiálu, licenci natáčecího software a multilicence vyhodnocovacího software v ceně natáčecí stanice. V EEG stanici je i dálková správa přes telefonní linku, možnost exportu/importu grafů přes flash media. A obsahuje 24 nebo 32 kanálovou snímací jednotku s otočným ramenem a dá se zde navolit až 128 kanálů [9].



Obrázek 16: EEG stanice[9]

4.6. Snímací jednotka 32 kanálů

Obsahuje automatické vypínání při ukončení programu, jejich výhodou nízká hmotnost, malé rozměry a snadná manipulace. Běžně se používá 24 nebo 32 kanálů výjimečně až 128 kanálů - paralelní zařízení (na zakázku). Možnost navolit softwarově šířka pásma a to až do 460 Hz pro každý kanál. Pro analogový vzorkovací kmitočet 4 kHz na kanál a časová konstanta 1 s nebo 3 s. Lze vzorkovat všechny kanály v jednu chvíli. EEG data se ukládají v surovém tvaru v 16 bitovém formátu signálu. Snímací jednotka neobsahuje vypínač ani jiný mechanické prvky pro nastavení. Provozní doba je cca. 200 hodin na 4 alkalické tužkové baterie, přičemž parametry jsou nezávislé na stavu baterií. Na snímací jednotce je i indikace stejnosměrné saturace všech vstupů i reference. Slouží pro zpracování impedancí všech aktivních i referenčních a zemních elektrod v průběhu měření. Nízké rušení a vysoká bezpečnost je dosažena oddělením optického kabelu a bateriového napájení. Bezpečnost pacienta je zajištěna dle normy IEC 601.1 třída II, a, typ BF [9].



Obrázek 17: 32 kanálová snímací jednotka [9]

Standardní podmínky pro snímání EEG

Při snímání se používá mezinárodní systém počtu a propojení elektrod „10/20“. Pacient sedí a je uvolněn, má zavřené oči a pootevřená ústa. Posuvná rychlost zapisovacího systému je 30mm/s, citlivost přístroje je $100\mu\text{V/cm}$. Kmitočtová charakteristika je 0,5 až 110Hz (za užitečné pásmo se považuje do 50Hz). Doba vyšetření je zhruba od 10 do 50 minut [3].



Obrázek 18: Elektrodová čepice [5]

Vedle snímání spontánní elektrické aktivity mozku se někdy provádí nepřímé dráždění mozkové kůry, např. prostřednictvím zrakového nebo sluchového analyzátoru. Jako odpověď na toto podráždění se v EEG zaznamenávají jako tzv. *evokované potenciály*, které mají diagnostický význam [3].

5. Metody zpracování

Filtrace je metoda zpracování signálu, konkrétně výběr vybraných frekvenčních složek a potlačení jiných frekvenčních složek. Složky signálu pozměněny filtrací jsou vystiženy frekvenčními charakteristikami - amplitudovou a fázovou. Ty jsou periodické a stačí udávat jejich hodnoty v rozsahu kmitočtů $\left\langle 0, \frac{\omega_s}{2} \right\rangle$, kde ω_s je úhlový vzorkovací kmitočet.

5.1. Filtry s konečnou impulsní charakteristikou

Filtry s konečnou impulsní charakteristikou (FIR) jsou plně definovány N hodnotami a jejich charakteristika je konečná diskrétní konvoluce (dif. rovnice) (1). Obrazový přenos (2) je reprezentace v rovině z a je dána jen nulovými body. To znamená, že FIR filtry jsou absolutně stabilní. Frekvenční charakteristika je (3), což vede na snadné navrhování filtrů.

$$y_n = \sum_{k=0}^{N-1} x_{n-k} h_k \quad (1)$$

$$H_{(z)} = \sum_{n=0}^{N-1} h_n z^{-n} \quad (2)$$

$$G(\omega) = H(e^{j\omega T}) = \sum_{n=0}^{N-1} h_n e^{-j\omega n T} \quad (3)$$

FIR filtry lze navrhnout s fázovou charakteristikou přesně lineární – impulsová charakteristika musí splňovat podmínku $h_n = h_{(N-1-n)}$ nebo $h_n = -h_{(N-1-n)}$.

Realizace FIR filtrů:

- realizace v *časové oblasti* – přímá realizace dle dif. rovnice (využívá symetrie impulsní charakteristik), nutno přesné hodnoty systémových konstant a polohy nulových bodů a pólů musí souhlasit,
- realizace ve *frekvenční oblasti* – využívá podobnosti mezi aperiodickou konvolucí a kruhovou (periodickou) konvolucí. Pro zachování časové posloupnosti nutno zařadit vyrovnávací paměť a vzorky odesílat v rytmu vzorkovací frekvence. Metoda úschovy přesahu – potřeba jen vzorků zvoleného segmentu (náběh a doznění jsou nezajímavé), nutno znát N-1 předchozích hodnot vstupu (přesah), ty jsou uschovány. Metoda přičtení přesahu – vychází pouze ze vstupních hodnot zvoleného segmentu a doplní se zprava nulami. Výsledkem je hodnota a doznění, které je třeba přičíst k výpočtu následujícího segmentu [11].

5.2. Filtry s nekonečnou impulsní charakteristikou

Filtry s nekonečnou impulsní charakteristikou (IIR) jsou vždy rekurzivní, neboť jen zpětná vazba může zajistit tuto vlastnost. Obrazový přenos má libovolně umístěné nulové body (uvnitř i vně jednotkové kružnice) a póly (musí ležet uvnitř jednotkové kružnice) tak je možné vytvořit filtry se stejnou amplitudovou charakteristikou, ale různými fázovými charakteristikami. Filtry s minimální fází (nuly přenosu uvnitř jednotkové kružnice) a filtry s maximální fází (nuly vně jednotkové kružnice) a filtry se smíšenou fází (nuly různě).

Vlastnosti – oproti FIR jsou méně náročné na rozsah výpočtů, avšak je obtížnější návrh; vzniká možnost nestability, má vyšší citlivost na nepřesnost v návrhu (vznikající číslicovou realizací) a vždy nelineární fázová charakteristika.

IIR filtry jsou popsány obecnými rekurzivními dif. Rovnicemi

$$y_n \sum_{i=0}^r L_i x_{(n-1)} - \sum_{i=0}^m K_i y_{(n-1)}, \quad (4)$$

kde L_i a K_i jsou systémové koeficienty, r počet zpoždění v nerekurzivní části a m počet zpoždění v rekurzivní části.

Realizace IIR filtrů:

- přímá realizace I – bezprostředně vycházejí z diferenční rovnice systému, tato realizace vyžaduje $r+m$ zpožďovacích členů (paměťových registrů). Kanonická realizace (přímá realizace II) – nezáleží na pořadí kaskádně zapojených lineárních bloků první část je rekurzivní, po ní následuje nerekurzivní. Tato realizace je úspornější, vyžaduje jen $\max(m, r)$ registrů, při stejném počtu taktů jako přímá realizace I.
Nevýhody: citlivost na zaokrouhlování vzhledem k zpětné vazbě, kde cirkulují chyby.
- kombinace systémů 2 řádu – dekomposice na nejjednodušší možné podsystemy jejichž vhodným propojením se získá požadovaný přenos. Výhodou je dobrá přehlednost v systému a menší citlivost na zaokrouhlovací chyby. Kaskádní (sériová) realizace – polynomy rozkládá na kořenové činitele s reálnými kořeny a nerozložitelné kvadratické trojčleny. Identičnost sekcí usnadňuje realizaci. Paralelní realizace – dekomposice obrazových polynomů na součet parciálních zlomků. Výhoda je v paralelnosti.
- realizace založená na stavovém popisu – popis soustavy obecným matematickým modelem – stavovým modelem. Stavová rovnice popisuje pracující soustavu systémů 1. řádu, která je při m paměťových registrech ekvivalentní lineárnímu systému m -tého řádu s obecným přenosem našeho IIR filtru. Možnost vzniku zaokrouhlovacího šumu [11].

5.3. Fourierova transformace

Lze použít ke zkoumání spektrálních vlastností neperiodických signálů i signálů periodických (spojitých i diskrétních). Výsledkem Fourierovy transformace je spektrum (spektrální hustota) jako funkce spojitého kmitočtu:

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-j\omega t} dt \quad (5)$$

Fourierova transformace je inverzibilní, signál $s(t)$ lze ze spektra $S(\omega)$ spočítat jako

$$s(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega)e^{j\omega t} d\omega \quad (6)$$

Využití Fourierovy transformace:

- pro spektrální analýzu spojitého periodického i neperiodického signálu (spektrum periodického signálu je sled Diracových impulsů o mohutnostech úměrných hodnotám koeficientů Fourierovy řady);
- pro výpočet frekvenční charakteristiky $G(\omega)$ lineárního spojitého systému jako Fourierovi transformace jeho impulsové charakteristiky $h(t)$, $G(\omega) = FT\{h(t)\}$;
- díky konvoluční vlastnosti lze Fourierovu transformaci použít pro výpočet odezvy $y(t)$ lineárního spojitého systému na vstupní signál $x(t)$, $y(t) = FT^{-1}\{G(\omega)X(\omega)\}$, kde $G(\omega) = FT\{h(t)\}$ a $X(\omega) = FT\{x(t)\}$ [11].

5.4. Časově – frekvenční reprezentace biosignálu

Biosignál se převádí pomocí transformací z 1-D na 2-D zobrazení. Toto zobrazení nám znázorňuje vlastnosti signálu nad rovinou, v níž jsou na kartézských souřadnicových osách čas a kmitočet. Časově-frekvenční reprezentace se klasifikují do dvou hlavních skupin. Do první zařazujeme lineární časově-frekvenční reprezentace, do druhé kvadraturní časově-frekvenční reprezentace [11].

Krátkodobá Fourierova transformace (STFT) - je spojitá a pro signál $x(t)$, platí:

$$STFT(\tau, f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot g(t - \tau) \cdot e^{-j2\pi ft} dt \quad (7)$$

kde $x(t)$ je reálný signál, $g(t)$ je časové okénko, které určuje časový interval pro analýzu.

5.5. Pásmová propust

Pásmová propust je pasivní dvojbran přenášející střídavé proudy sinusového průběhu. V určitém frekvenčním pásmu jsou střídavé proudy nepatrně tlumeny (tzv. propustné pásmo) a v jiném pásmu frekvencí mají dostatečně velký útlum (tzv. potlačené pásmo). Propustných i potlačených pásem může mít elektrický frekvenční filtr podle druhu použití více než jedno nebo dvě. *Pasivní filtry* úroveň signálu snižují. *Aktivní filtry* obsahují zesilovací prvky a v určitých frekvenčních pásmech nebo všude úroveň signálu zvyšují [13].

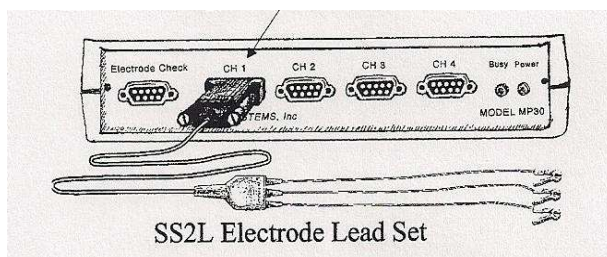
6. Měření

Tento projekt je zaměřen na sledování změny EEG při mrkání, otevření a zavření očí v 10-sekundových intervalech, poslechu relaxační hudby, četbě a psaní. Bylo provedeno měření na ženě a na muži. Data byla zpracována pomocí programu Matlab, kde se filtrovala významná frekvenční pásma (vlna alfa, beta, delta a theta). U těchto významných pásem se pak pozorovala změna v průběhu jednotlivých činností.

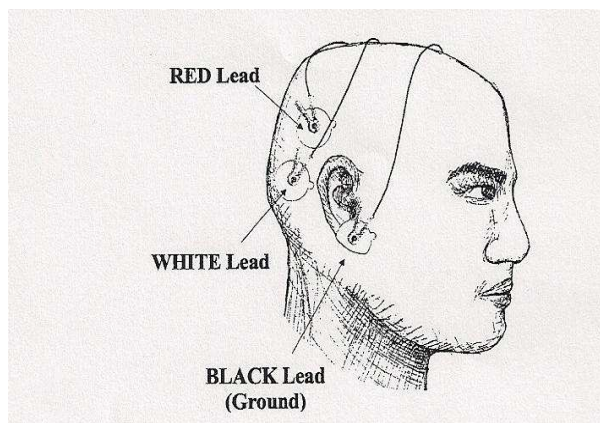
6.1. Protokol měření v systému Biopac

Měření bylo prováděno pomocí systému Biopac Student Lab.

- Zapněte počítač.
- Ujistěte se, že je BIOPAC MP35/30 vypnutý.
- Zapojte elektrodový vodič (SS2L) do CH1, jak je zobrazeno na Obrázku 19.
- Zapněte BIOPAC MP35/30.
- Uložte měřený subjekt do relaxační polohy.
- Umístěte elektrody na hlavu podle Obrázku 20.
- Na elektrody připojte vodiče podle barevného schématu (Obrázek 20).
- Subjekt musí 5 minut před začátkem měření relaxovat a mít zavřené oči.
- Spustíte program *Biopac Student Lab*.
- Vybere *Lesson 3* (LO3-EEG-1).
- Napište název souboru a klikněte na OK [7].



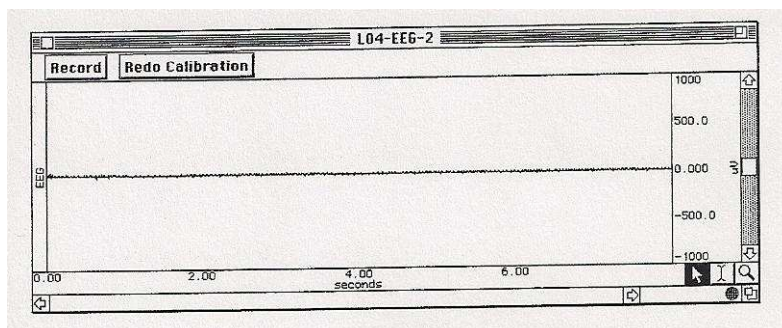
Obrázek 19: Zapojení elektrodového vodiče [7]



Obrázek 20: Zapojení elektrod [7]

Postup kalibrace:

- Zkontrolujte jestli jsou elektrody správně umístěny, připevněny a připojeny do CH1.
- Spusťte kalibraci.
- Zkontrolujte jestli křivka kalibrace odpovídá obrázku (Obrázek 21).
- Pokud ano můžete začít měřit.
- V případě, že křivka neodpovídá, proveďte novou kalibraci [7].



Obrázek 21: Kalibrace [7]

Postup měření:

- Spusťte nahrávání. Subjekt musí mít zavřené oči.
- Po 10 s řekněte měřenému subjektu, aby oči otevřel.
- Po dalších 10 s, aby je zavřel a po dobu dalších 10 s je měl zavřené.
- Do naměřeného záznamu vložte značky, kdy subjekt oči otevřel a kdy je zavřel.
- U naměřeného záznamu klikněte na frekvenční tlačítka v pořadí alfa, beta, delta, theta.
- Data vyhodnoťte a klikněte na Dokončit [7].

6.2. Postup měření na přístroji firmy Alien

Přístroj firmy Alien je profesionální diagnostický přístroj, pomocí kterého byly zaznamenány signály EEG podle stejného měřicího protokolu jako v předchozím případě. Měřený subjekt se posadí do křesla, kde sedí v uvolněné poloze. Na hlavu se mu nasadí elektrodová čepice se standardním zapojením „10/20“ (toto zapojení obsahuje 19 elektrod měřících a 2 elektrody referenční, které jsou připojeny k ušním lalůčkům). K levému kotníku se přichytne zemnicí elektroda, na kterou se nanese gel nebo pasta pro snížení přechodového odporu. Pak se zkontroluje zda je dostatečné připojení elektrod a může se začít měřit.

7. Naměřená data

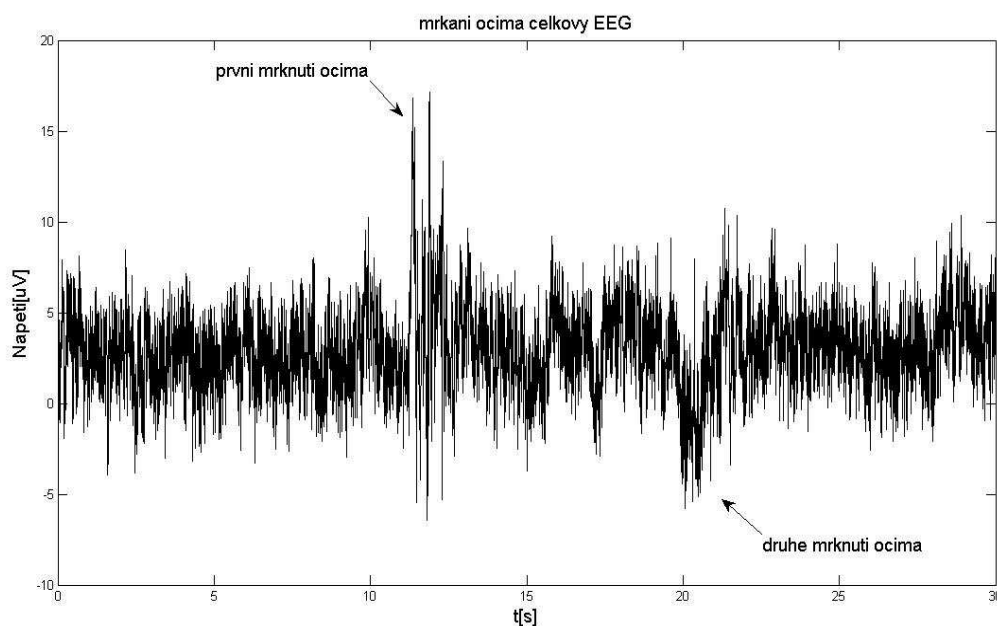
7.1. Měreno systémem Biopac

Použitím systému Biopac, ve kterém se naměřil EEG signál a importem naměřených dat do Matlabu se získá diskretní signál. Pro měření byla zvolena vzorkovací frekvence přibližně $f_{vz} = 200$ Hz. Hodnota 200 Hz je dostatečná vzhledem k maximálním sledovaným frekvenčním složkám signálu. Pro diskretní signál je dán vztah mezi vzorkovací frekvencí a časem vztahem (8).

$$f_{vz} = \frac{N}{t}, \quad (8)$$

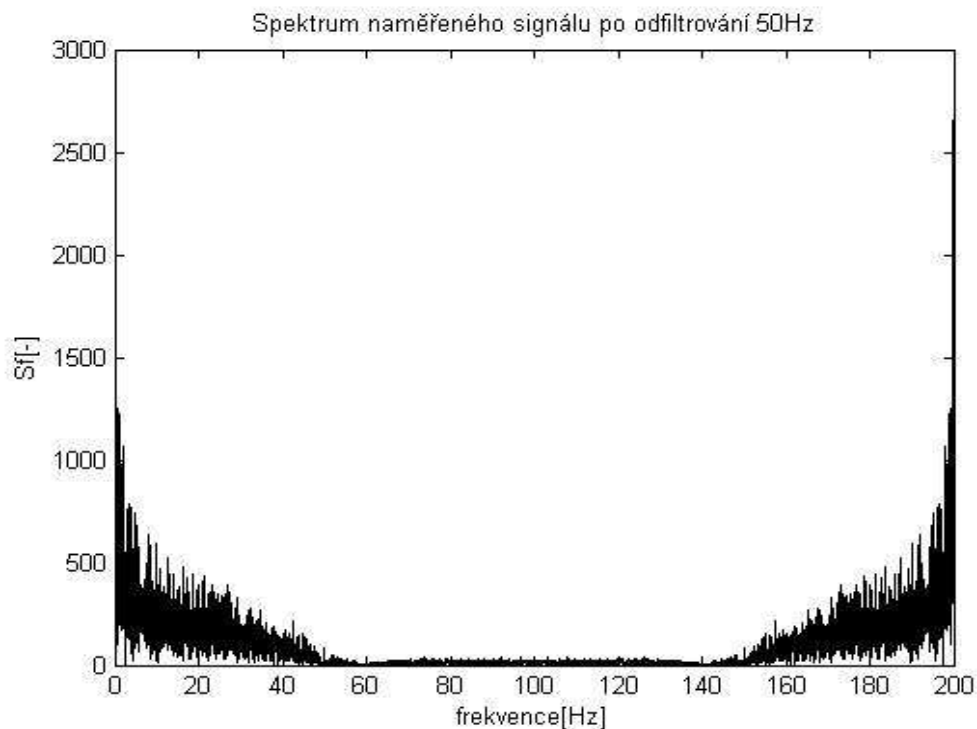
kde N je počet vzorků ($N = 6000$) a t je doba snímání signálů $t = 30$ s.

Na Obrázku 22 je znázorněno, kdy měřený subjekt mrknul očima. První mrknutí očí nastalo cca ve 12 s a podruhé subjekt mrknul cca v 21 s.



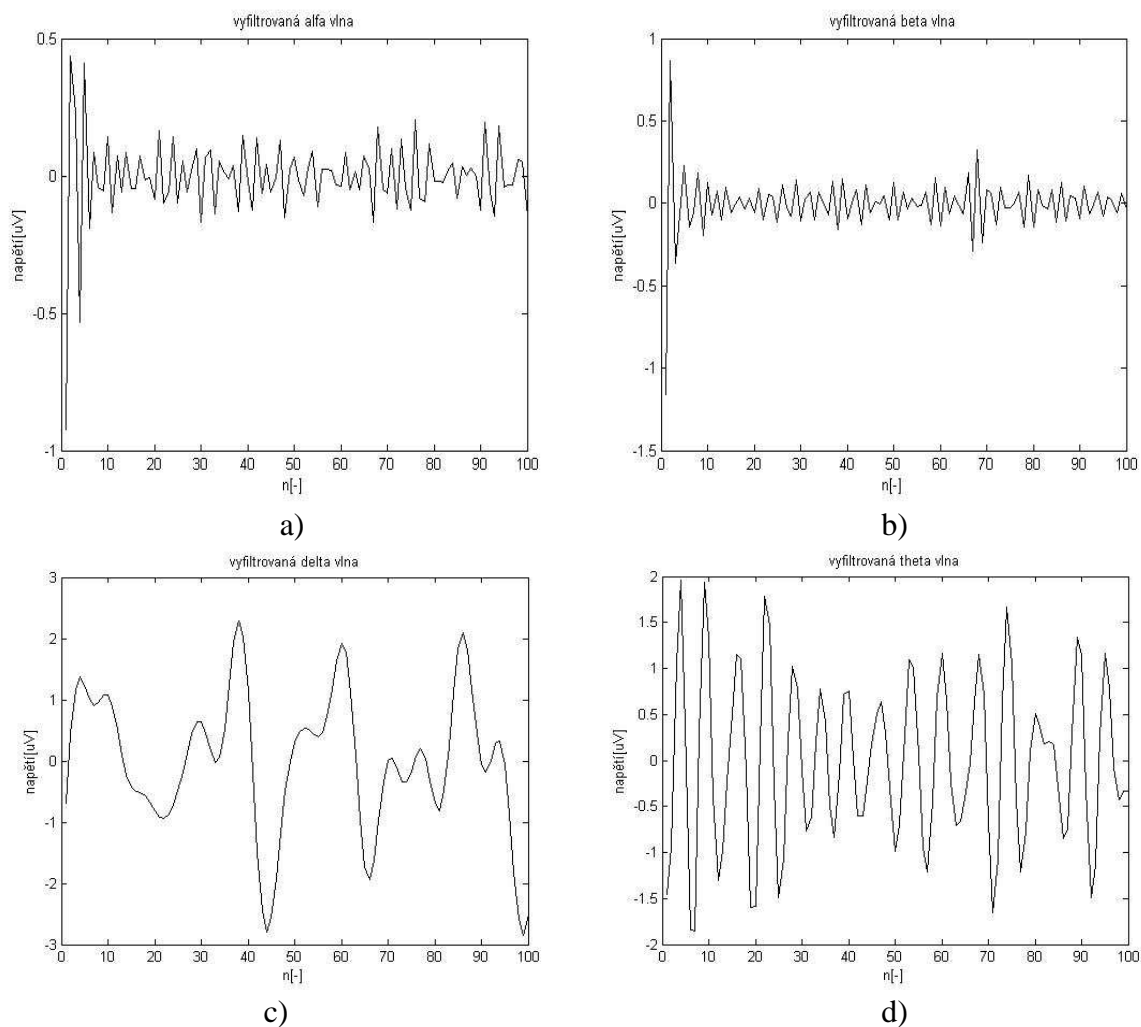
Obrázek 22: Průběh EEG signálu při mrkání na Biopacu u ženy

Pomocí programu matlab a algoritmu FFT (rychlá Fourierova transformace) po odfiltrování frekvence střídavého napětí 50 Hz se dostane spektrum naměřeného signálu v kmitočtové oblasti. To je znázorněno na Obrázku 23. Jak je zřejmé z tohoto obrázku tak filtrace nebyla nutná, protože v systému Biopac je tento filtr již nastaven.



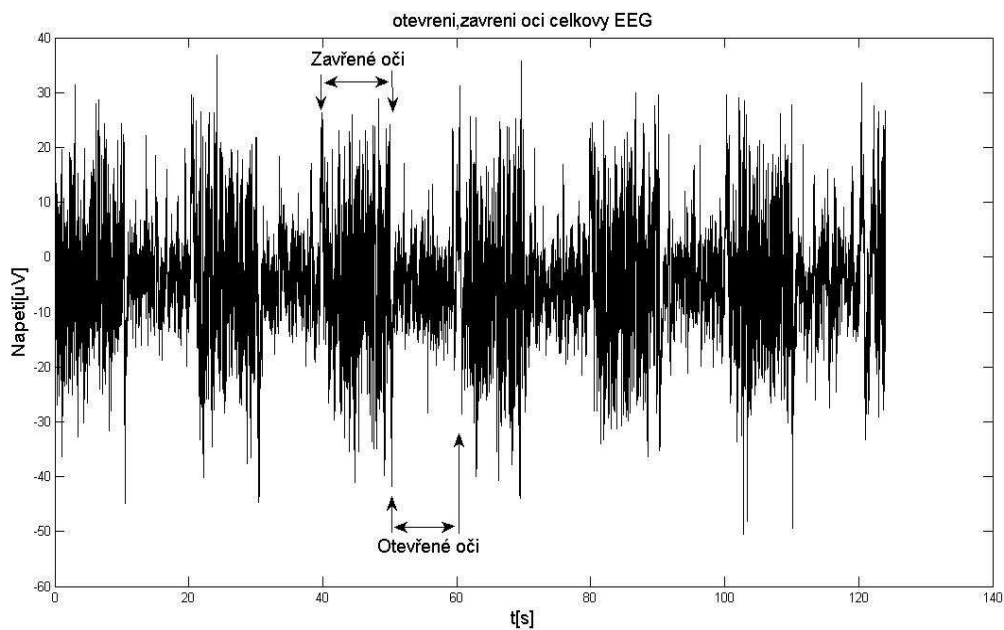
Obrázek 23: *Spektrum naměřeného signálu po odfiltrování 50 Hz u ženy*

Pro získání významných frekvencí v signálu se použije filtr typu pásmová propust. Tato pásmová propust je realizována pomocí nulování spektrálních čar. Frekvenční rozsah pro vlnu alfa se pohybuje v intervalu 8 až 13 Hz, pro vlnu beta je to 15 až 20 Hz, pro deltu 1 až 4 Hz a pro vlnu theta 4 až 7 Hz. Pro srovnání jednotlivých vln se v Obrázku 24 uvádí detailní záběr úseku charakteristických vln.



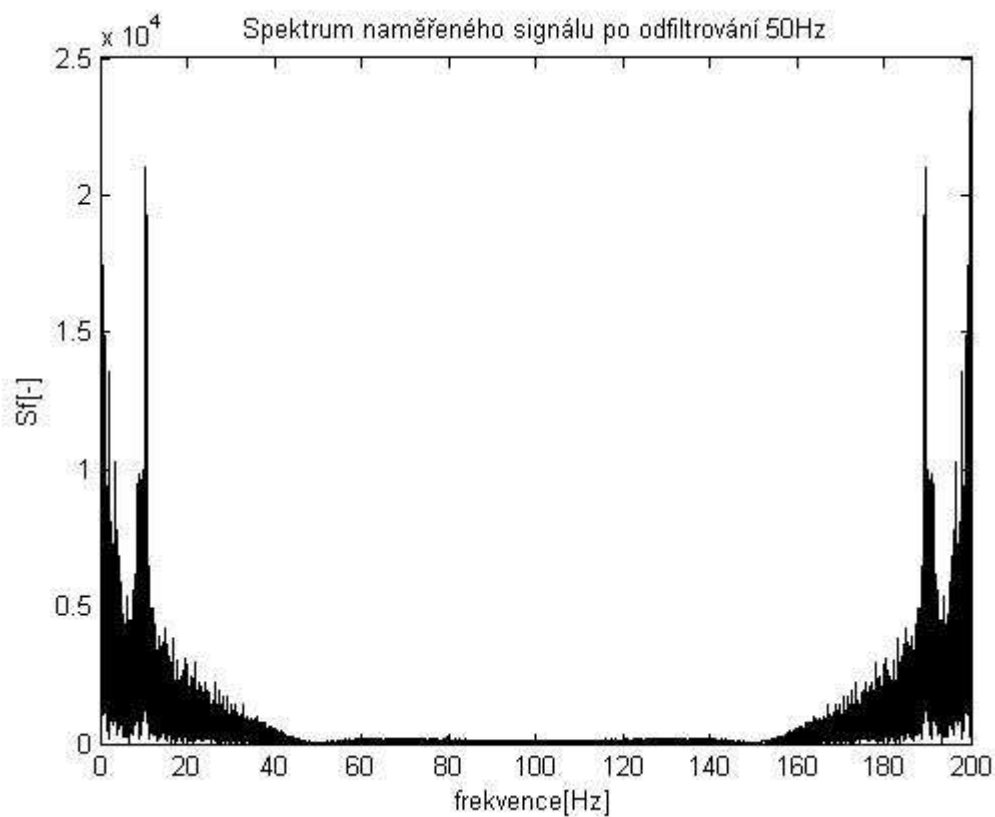
Obrázek 24: Úseky charakteristických vln u ženy,
a)Alfa vlna, b)Beta vlna, c)Delta vlna, d)Theta vlna

Podobné měření proběhlo i na muži. U muže se měřilo otevření a zavření očí tak, že muž otevřel oči vždy po dobu 10 s a pak je opět zavřel na dobu 10 s. Celé měření trvalo cca 2 minuty. Toto měření je zobrazeno na Obrázku 25.



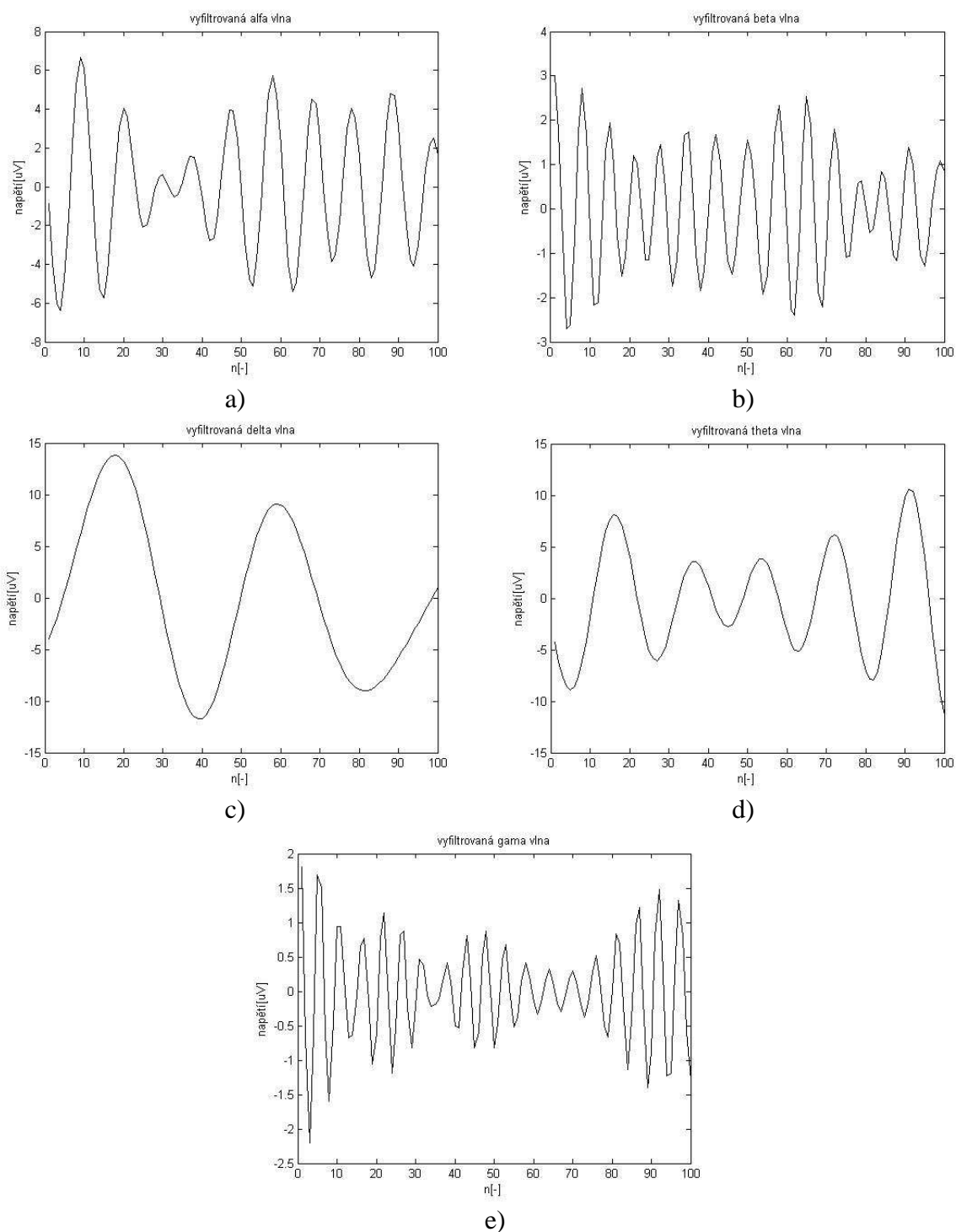
Obrázek 25: Otevírání a zavírání očí po 10 s u muže

Tento signál se opět upravil pomocí algoritmu FFT (rychlá Fourierova transformace) a odfiltrovala se frekvence střídavého napětí 50 Hz.



Obrázek 26: Spektrum naměřené signálu po odfiltrování 50 Hz u muže

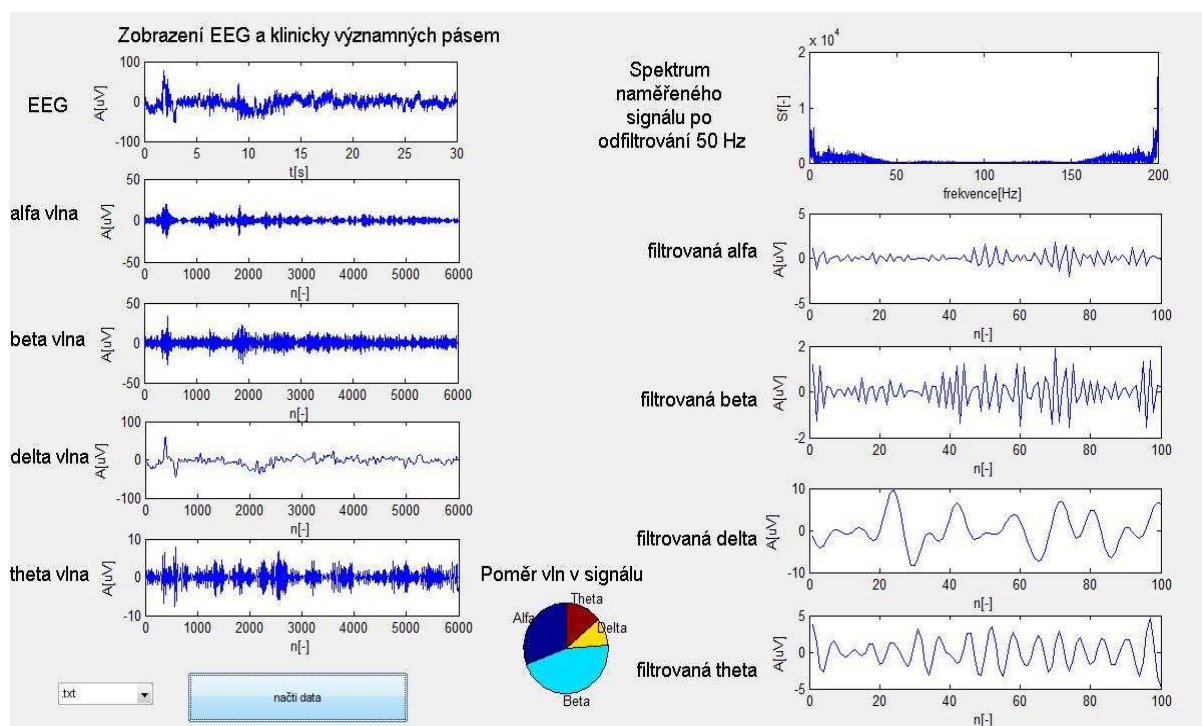
Po použití pásmové propusti realizovanou pomocí nulování spektrálních čar se zobrazí detailní záběr vyfiltrovaných vln. Frekvenční rozsah pro vlnu alfa se pohybuje v intervalu 8 až 13 Hz, pro vlnu beta je to 15 až 20 Hz, pro deltu 1 až 4 Hz, pro vlnu theta 4 až 7 Hz a pro vlnu gama 22 až 30 Hz.



Obrázek 27: Úseky charakteristických vln u muže, a) Alfa vlna, b) Beta vlna, c) Delta vlna, d) Theta vlna, e) Gama vlna

7.2. Zobrazení EEG signálu pomocí grafického uživatelského prostředí

Grafické uživatelské prostředí, zkráceně GUI z anglických slov Graphic User Interface. Toto prostředí je navrženo tak (Obrázek 28), že se načte signál, který se naměřil v systému Biopac a byly u něj zobrazeny klinicky významné vlny.



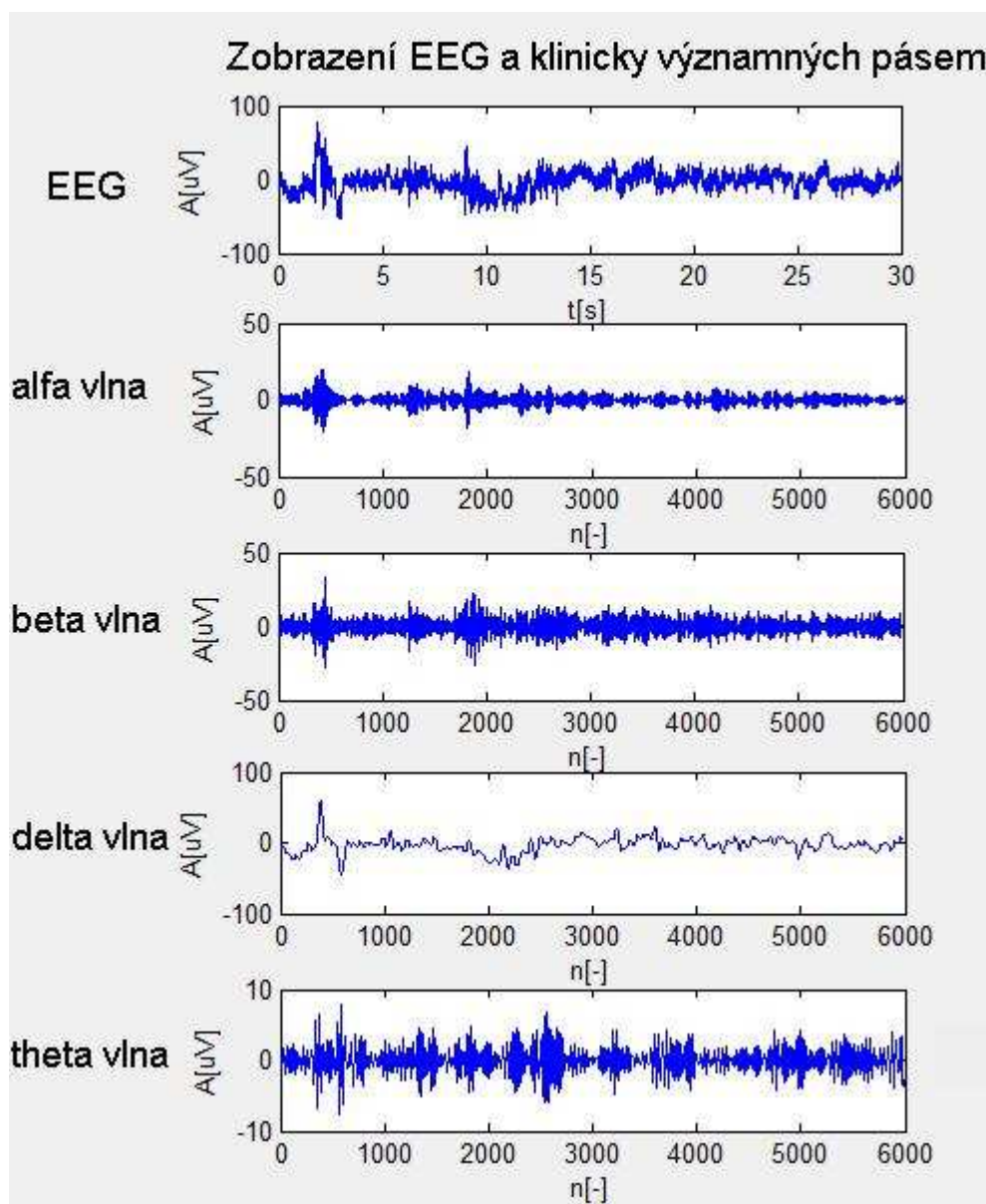
Obrázek 28: Navržené grafické uživatelské prostředí GUI

Pomocí rolovacího menu (Obrázek 29) se vybere formát zdroje, ve kterém jsou uloženy data. Po kliknutí na tlačítko *načti data* (Obrázek 29) se nám objeví okno, ve kterém se vybírá zdrojový soubor. Po vybrání zdrojového souboru se klikne na tlačítko *Otevřít*.



Obrázek 29: Rolovací menu a tlačítko načti data

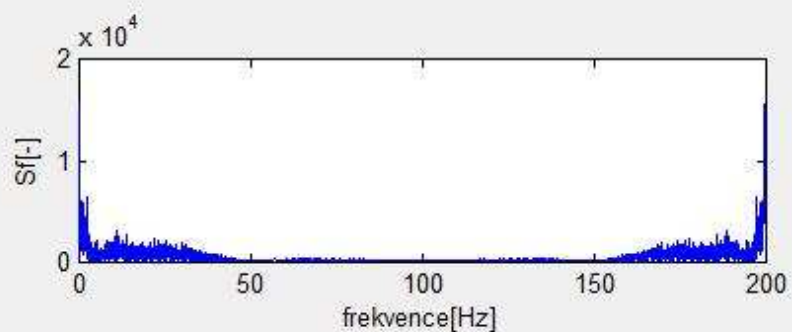
Po otevření se vykreslí celkový EEG signál, vlna alfa, beta, delta a theta pod sebe (Obrázek 30).



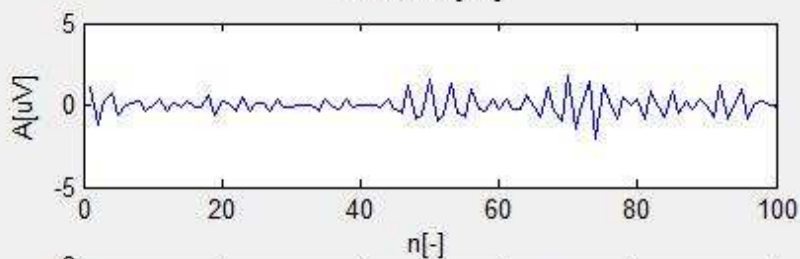
Obrázek 30: Vykreslení celkového EEG a klinicky významných pásem

Také se zobrazí spektrum naměřeného signálu po odfiltrování 50 Hz a úseky charakteristických vln alfa, beta, delta a theta.

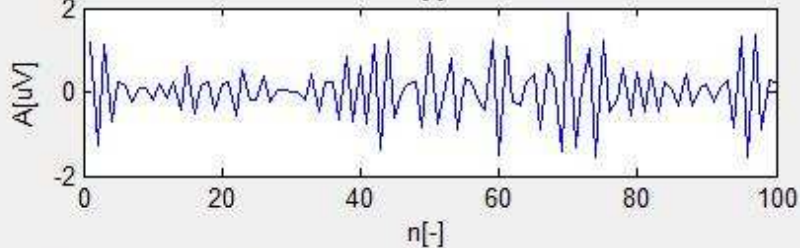
Spektrum
naměřeného
signálu po
odfiltrování 50 Hz



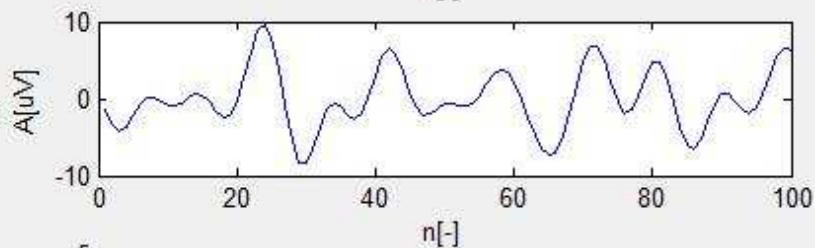
filtrovaná alfa



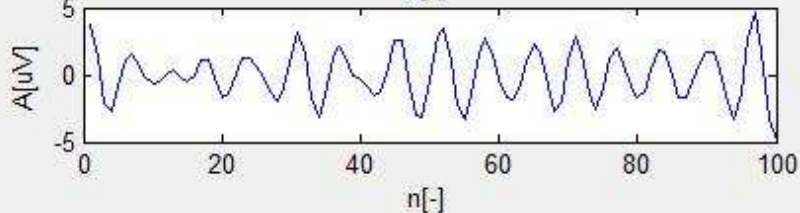
filtrovaná beta



filtrovaná delta

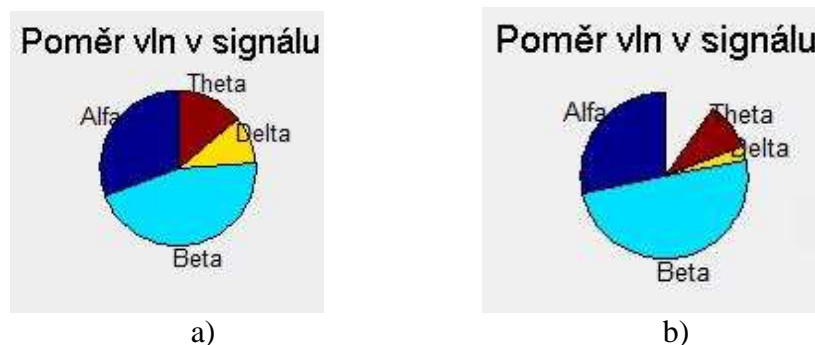


filtrovaná theta



Obrázek 31: Spektrum naměřeného signálu po odfiltrování 50 Hz a filtrované úseky charakteristických vln

Koláčový graf nám ukazuje procentuální zastoupení vln alfa, beta, delta a theta z celkového signálu.

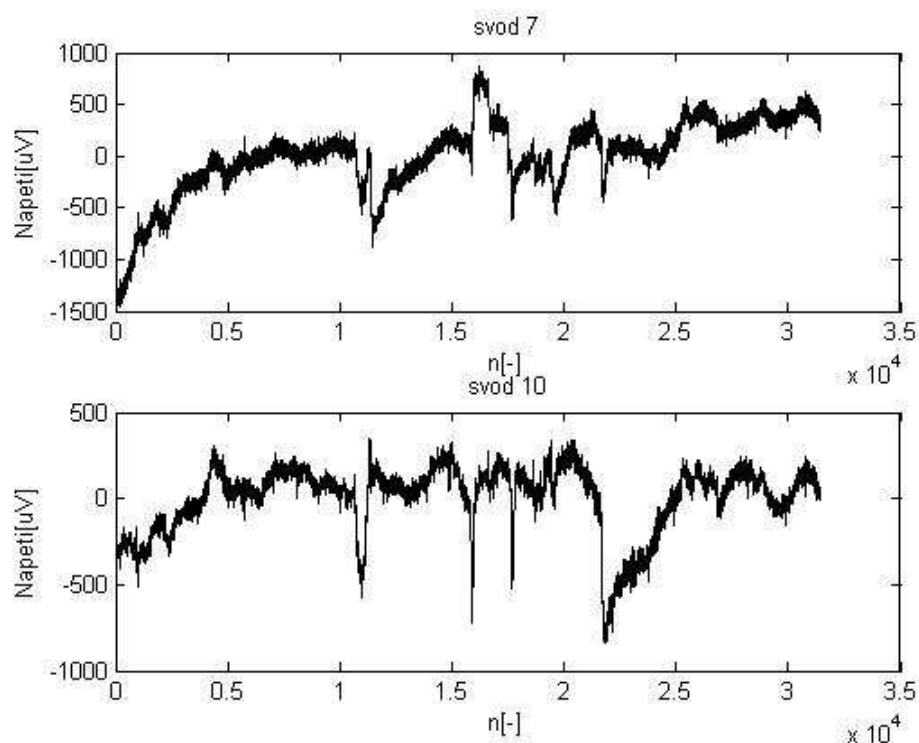


Obrázek 32: Procentuální zastoupení vln při četbě a) muže b) ženy

Toto měření nám ukázalo, že muži i ženy mají stejný poměr zastoupení jednotlivých vln při poslechu relaxační hudby, psaní, a otevírání a zavírání očí. Jen při čtení se tento graf lišil.

7.3. Měření na přístroji firmy Alien

Data pořízená diagnostickým elektroencefalografem firmy Alien jsou načtena pomocí skriptu „read_alien.m“ do prostředí Matlab. Skript je získán z knihovny ÚBMI. Do datového formátu čitelného pro prostředí Matlab převádí tento skript datový formát „.DAT“. Načtená data z přístroje firmy Alien (Obrázek 34). Z těchto dat se zobrazili dva svody, které se shodovali s umístěním elektrod při měření na systému Biopac.



Obrázek 33: Zobrazení svodů z přístroje firmy Alien

8. Závěr

V úvodu této práce je rozebrán mozek, jako životně důležitý orgán a funkce jednotlivých částí, ze kterých se skládá. Tyto části produkují elektrickou aktivitu. Tato aktivita se skládá z klinicky významných frekvenčních pásem, které se pomocí elektroencefalografie měří.

K měření byla použita měřicí soustava systému Biopac, upravená pro měření elektrické aktivity mozku. Jsou zde uvedeny i parametry centrální měřicí jednotky MP35/30 a další potřebné informace pro správné měření a získání kvalitního signálu. Bylo prostudováno programové vybavení Biopac Student Lab Lessons, podle kterého byl navržen postup při prvotním získání dat.

Měření bylo provedeno podle navrženého měřicího protokolu pomocí počítačového systému Biopac a systému firmy Alien.

Podle hrubě uvedeného vzoru byl sestaven podrobný měřicí protokol pro výukové účely. Experimentálně získaná data byla při stejných podmínkách změřena u muže i ženy. Ze surových naměřených dat se pomocí pásmových filtrů získala klinicky významná frekvenční pásma alfa, beta, theta, delta.

Při porovnání poměru vln v signálu u muže a ženy vyšlo, že při četbě měla žena jiné procentuální zastoupení vln než muž. Při měření otvírání a zavírání očí s periodou 10 s, psaní a poslechu relaxační hudby byl graf totožný.

9. Literatura

- [1] ČESKÝ INSTITUT [online]. 2006 [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <<http://ao-institut.cz/texty/Mozek/01-maly-velky-mozek.html>>.
- [2] Mega Electronics Ltd [online]. 2003 [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.megaemg.com/index.jsp?pid=123>>.
- [3] KOLÁŘ, Radim. *Lékařská diagnostická technika*. Elektronické skriptum. Brno: FEKT VUT v Brně 2007
- [4] Vojtěch, Z. *EEG v epileptologii dospělých*, Grada Publishing, a.s., 2005, ISBN 80-247-0690-3.
- [5] GERLA, Václav, et al. *Měření EEG, spánek, hodnocení EEG záznamů a následná vizualizace* [online]. 2003 [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <http://gerstner.felk.cvut.cz/biolab/33KP/cviceni_EEG/Prezentace_EEG.pdf>.
- [6] *Electroencephalography* [online]. 2005 [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <<http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Electroencephalography>>.
- [7] *Biopac systém* [online]. 2009 [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.biopac.com/>>.
- [8] GERLA, Václav. *EEG Artefakty a jejich rozdělení* [online]. [2003] [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <<http://zivotni-energie.cz/novorozenecke-eeg-spankove-faze-novorozencu.html>>.
- [9] ALIEN [online]. 2000 [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.alien.cz/>>.
- [10] KEMP, Bob, et al. *European Data Format* [online]. 2003 [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.edfplus.info/specs/edftxts.html>>.
- [11] JAN, Jiří. *Číslicová filtrace, analýza a restaurace signálů*, Brno, VUTIUM, 2002.
- [12] *Biopac* [online]. MP System BIOPAC Hardware Guide, User's Manual, BIOPAC System, Inc., 2004.
- [13] *PRAKTICKÁ MATURITA* [online]. 2008 [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <www.prakticka.zaridi.to/data/MER_PRST.doc>.
- [14] *NERVOVÁ SOUSTAVA* [online]. 2009 [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <<http://nd.blog.cz/v/veris-biology.blog.cz/nahledy/92295339.jpg>>.
- [15] *COOLSchool* [online]. 2007 [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.coolschool.ca/lor/BI12/unit12/U12L04/Synapse.gif>>.
- [16] HANČOVÁ, Hana., VLKOVÁ, Marie. *Biologie II. v kostce*, Havlíčkův Brod, Fragment 2004, ISBN 80-7200-972-9.